



§ 27.

Нахіленая плоскасць. «Залатое правіла механікі». Каэфіцыент карыснага дзеяння механізма

На прыкладзе рычагоў і блокаў мы даведаліся, што з дапамогай простых механізмаў можна атрымаць **выйгрыш у сіле**. А ці можна атрымаць **выйгрыш у рабоце**?

Перш чым адказаць на гэта пытанне, пазнаёмімся з яшчэ адным простым механізмам — *нахіленай плоскасцю*. Яна служыць асновай такіх канструкцый, як пандусы, эскалатары, канвееры і г. д. (мал. 192).

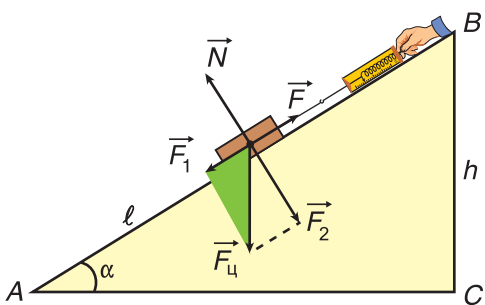
Ці дае выкарыстанне нахіленай плоскасці выйгрыш у сіле? Разгледзім прыклад. Грузчык перамяшчае цяжкі кантэйнер па нахіленай плоскасці (мал. 192, г). Сіла, якую ён пры гэтым прыкладае, значна меншая, чым вага кантэйнера.



Мал. 192

Як разлічыць выйгрыш у сіле, які дае нахіленая плоскасць?

Правядзём прасты дослед. Змесцім брусок масай m на нахіленую плоскасць даўжынёй $l = AB$ і вышынёй $h = BC$ (мал. 193). Прыклаўшы да яго з дапамогай дынамометра сілу \vec{F} , паралельную нахіленай плоскасці, будзем раўнамерна перамяшчаць брусок уздоўж яе. Паказанні дынамометра F будуць меншымі за сілу цяжару бруска $F_{ц} = mg$.



Мал. 193

Адносіна $\frac{F_{ц}}{F}$ вызначае выйгрыш у сіле. Ад чаго ён залежыць?

Разгледзім усе сілы, якія дзейнічаюць на брусок. Акрамя сілы \vec{F} і сілы цяжару $\vec{F}_{ц}$, на брусок дзейнічае сіла рэакцыі нахіленай плоскасці \vec{N} . Пры адсутнасці трэння яна перпендыкулярна нахіленай плоскасці. Сілу $\vec{F}_{ц}$ раскладзём на два складальнікі: $\vec{F}_{ц} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

З падобнасці трохвугольніка сіл (вылучанага колерам) і $\triangle ABC$ вынікае:

$$\frac{F_{\text{ц}}}{F_1} = \frac{AB}{BC} = \frac{l}{h}. \quad (1)$$

Паколькі пры раўнамерным пад'ёме $F_1 = F$, то:

$$\frac{F_{\text{ц}}}{F} = \frac{l}{h}. \quad (2)$$

Выйгрыш у сіле, які атрымліваецца з дапамогай нахіленай плоскасці, роўны адносіне яе даўжыні да яе вышыні (пры адсутнасці трэння).

Чым меншы вугал нахілу α плоскасці да гарызонту, тым большая адносіна $\frac{l}{h}$, а значыць, тым большы выйгрыш у сіле. Гэта пацвярджаецца нашымі паўсядзённымі назіраннямі. Цягнуць санкі, каціць багажную каляску ўверх па пакатым схіле значна лягчэй, чым па крутым.

Пры вывадзе формулы (2) мы не ўлічвалі трэнне. На самай справе трэнне ёсць. З-за яго пры пад'ёме бруска прыходзіцца прыкладаць большую сілу, і выйгрыш у сіле будзе меншы.

На практыцы для памяншэння трэння выконваюць змазку дэталей, замяняюць слізганне качэннем, ужываюць «паветраную падушку» (мал. 194).



Мал. 194

▼ Для дапытлівых

Ідэя нахіленай плоскасці закладзена і ў такіх механізмах, як *клін* і *вінт*. Разнавіднасцю кліна з'яўляецца *сякера*, якая дае вялікі выйгрыш у сіле. Вінтавымі дамкратамі (мал. 195, а) карыстаюцца для пад'ёму аўтамабіляў і іншых масіўных аб'ектаў.



Мал. 195

Вінты, балты, шрубы (мал. 195, б) выкарыстоўваюць для злучэння дэталей. Пры гэтым трэнне прыносіць як шкоду, так і карысць. Яно абцяжарвае закручванне, але прадухіляе самавольнае пслабленне разбавых злучэнняў.

Мы высветлілі, што большасць простых механізмаў дае выйгрыш у сіле. А ці даюць яны *выйгрыш у рабоце*?

З фізічнай велічынёй, якая называецца «*работа*», і з яе адзінкай у СІ джоўлем вы пазнаёміліся ў 7-м класе.

▼ Для дапытлівых

Сярод усіх фізічных велічынь работа займае асобае месца. Не выканаўшы работу, нельга прывесці ў рух цягнік, аўтамабіль, карабель, самалёт, ракету і г. д. Нельга перавезці груз, падняцца на патрэбны паверх (ні пешшу, ні на ліфце). Немагчыма пабудаваць дом і любы іншы будынак.

Вытворчая дзейнасць немагчыма без выканання работы.

Значнасць работы яшчэ больш шырокая. *Бесперапынна выконваць работу неабходна для падтрымання жыцця.* Наша сэрца пры кожным удары выконвае работу, прыкладна роўную аднаму джоўлю.

Разгледзім работу розных простых механізмаў. Сілу трэння пакуль улічваць не будзем.

Нахіленая плоскасць. Для яе карысная работа — гэта работа па пад'ёме грузу на вышыню h : $A_{\text{кар}} = F_{\text{ц}} h$. *Выкананая работа прыкладаемай сілы \vec{F} па перамяшчэнні грузу па нахіленай плоскасці на шляху l роўна: $A_{\text{вык}} = F \cdot l$.* З роўнасці (2) $\frac{F_{\text{ц}}}{F} = \frac{h}{l}$ атрымаем: $F_{\text{ц}} h = F \cdot l$, г. зн.

$$A_{\text{кар}} = A_{\text{вык}}.$$

Нахіленая плоскасць не дае выйгрышу ў рабоце.

Нерухомы блок. Для яго роўныя і модулі сіл, і пройдзеныя шляхі (гл. мал. 183, с. 123), а значыць, і адпаведныя работы. *Нерухомы блок выйгрышу ў рабоце не дае.*

Рухомы блок. Ён дае выйгрыш у сіле, блізкі да двух, але і двухразовы прайгрыш у шляху (гл. мал. 185, с. 124). *Рухомы блок таксама не дае выйгрышу ў рабоце.*

Рычаг. *Выйгрышу ў рабоце не дае і рычаг (як першага, так і другога роду).* Дакажыце гэта самастойна.

Усе доследы пацвярджаюць: **калі з дапамогай простага механізма выйграюць у сіле, то сама меней у столькі ж разоў прайграюць у шляху.** Улічваючы, што нават самы складаны механізм зводзіцца да спалучэння простых механізмаў, можна зрабіць выснову: **ніводзін механізм не дае выйгрышу ў рабоце.** Гэта сцверджанне атрымала назву «залатое правіла механікі».

Такім чынам, выйграць у рабоце нельга. А вось прайграць можна. Прычына гэтага — сіла трэння. Акрамя таго, існуюць і іншыя страты, напрыклад работа па пад'ёме самога механізма ў працэсе яго выкарыстання. З-за гэтага выкананая работа $A_{\text{вык}}$ заўсёды большая, чым карысная работа $A_{\text{кар}}$:

$$A_{\text{вык}} > A_{\text{кар}}.$$

Адносіна $\frac{A_{\text{кар}}}{A_{\text{вык}}}$ называецца **каэфіцыентам карыснага дзеяння (ККДз)**. ККДз, выражаны ў працэнтах, роўны:

$$\eta = \frac{A_{\text{кар}}}{A_{\text{вык}}} \cdot 100 \%$$

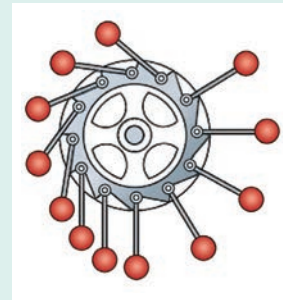
Паколькі выкананая работа заўсёды большая за карысную, ККДз механізма заўсёды меншы за адзінку (г. зн. меншы за 100 %). Каб павялічыць ККДз, неабходна памяншаць «бескарысную» работу. Перш за ўсё — работу па пераадоленні сіл трэння.

Машына, якая мела б $\eta = 100 \%$ (ці больш за 100 %), называецца «вечным рухавіком». Увесь вопыт навукі і тэхнікі гаворыць пра тое, што вечны рухавік немагчымы. Заўважым, аднак, што спробы яго вынайсці не спыняюцца дагэтуль.

▼ Для дапытлівых

Ідэя стварэння вечнага рухавіка ўзнікла ў далёкім мінулым. Для яго стварэння прыкладалі намаганні вынаходнікі на працягу некалькіх стагоддзяў.

На малюнку 196 паказаны адзін з праектаў вечнага рухавіка. Разбярыцеся самастойна або з дапамогай настаўніка: чаму аўтар устройства лічыў, што яно будзе самаадвольна вечна вярцецца? Чаго не ўлічыў аўтар?



Мал. 196

■ Галоўныя вывады

1. Нахіленая плоскасць дае выйгрыш у сіле ў столькі разоў, у колькі разоў яе даўжыня большая за вышыню.
2. Ніводзін механізм не дае выйгрышу ў рабоце: у колькі разоў выйграюць у сіле, у столькі разоў прайграюць у шляху.
3. З-за сілы трэння і іншых страт каэфіцыент карыснага дзеяння любога механізма меншы за 100 %.

? Кантрольныя пытанні

1. Які выйгрыш у сіле дае нахіленая плоскасць?
2. Якая работа пры выкарыстанні простага механізма называецца карыснай? Выкананай?
3. Чаму выкананая работа заўсёды большая за карысную?
4. Што называецца каэфіцыентам карыснага дзеяння механізма? Ці можа ККДз быць роўным або большым за 100 %?
5. Што з'яўляецца прычынай, якая не дазваляе атрымаць ККДз, роўны 100 %, пры выкарыстанні блока? Нахіленай плоскасці?
6. Як павысіць каэфіцыент карыснага дзеяння механізма?

→ Дамашняе заданне

Ацаніце ККДз пандуса, які выкарыстоўваецца ў вашым доме або на іншым аб'екце для перамяшчэння груза: а) волакам; б) у багажнай калясцы.



Прыклад рашэння задачы

З дапамогай рухомага блока вядро пяску масай $m = 20$ кг паднімаюць на вышыню $h = 4,0$ м, прыкладаючы да каната сілу $F = 110$ Н. Вызначыце выкананую пры гэтым пад'ёме работу і ККДз блока. Модуль паскарэння свабоднага падзення $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Дадзена:

$$m = 20 \text{ кг}$$

$$h = 4,0 \text{ м}$$

$$F = 110 \text{ Н}$$

$$A_{\text{вык}} \text{ — ?}$$

$$\eta \text{ — ?}$$

Рашэнне

Пры выкарыстанні рухомага блока атрымліваецца пройгрыш у шляху ў 2 разы, г. зн. $s = 2h$. Выкананая работа:

$$A_{\text{вык}} = F \cdot s = 2Fh.$$

$$A_{\text{вык}} = 2 \cdot 110 \text{ Н} \cdot 4,0 \text{ м} = 880 \text{ Дж} = 0,88 \text{ кДж}.$$

Карысная работа па пад'ёме вядра з пяском:

$$A_{\text{кар}} = mgh.$$

ККДз блока:

$$\eta = \frac{A_{\text{кар}}}{A_{\text{вык}}} \cdot 100 \% = \frac{mgh}{2Fh} \cdot 100 \% = \frac{mg}{2F} \cdot 100 \%.$$

$$\eta = \frac{20 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot 110 \text{ Н}} \cdot 100 \% = \frac{200 \text{ Н}}{220 \text{ Н}} \cdot 100 \% = 91 \%.$$

Адказ: $A_{\text{вык}} = 0,88 \text{ кДж}$; $\eta = 91 \%$.

Практыкаванне 22

1. Патэнцыяльная энергія гіры (мал. 197) пры пад'ёме павялічылася на $\Delta E_{\text{п}} = 10$ Дж. Ці можа работа, выкананая сілай \vec{F} , быць роўнай: а) $A = 10$ Дж; б) $A < 10$ Дж; в) $A > 10$ Дж? Адказы патлумачце.

2. Для раўнамернага пад'ёму вядра з пяском масай $m = 10$ кг на вышыню $h = 5,0$ м з дапамогай нерухомага блока спатрэбілася сіла, модуль якой $F = 110$ Н. Вызначыце карысную і выкананую работу. Знайдзіце ККДз устаноўкі. Ці ўсе даныя патрэбны для вызначэння ККДз? Модуль паскарэння свабоднага падзення g у дадзенай і наступных задачах прыміце роўным $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

3. Вызначыце карысную і выкананую работу пры пад'ёме грузу (мал. 197) масай $m = 2,0$ кг на вышыню $h = 0,40$ м, калі прыкладзеная сіла мае модуль $F = 12,5$ Н. Вызначыце ККДз устаноўкі.

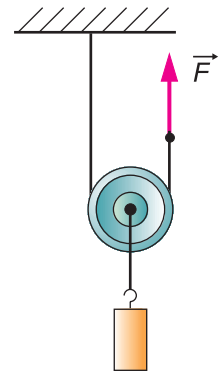
4. Пры выкарыстанні рычага з даўжынёй плячэй $l_1 = 160$ см і $l_2 = 20$ см камень масай $m = 100$ кг быў падняты на вышыню $h = 5,0$ см з дапамогай сілы, модуль якой $F = 150$ Н. Чаму роўны карысная і выкананая работа, а таксама ККДз дадзенага рычага?

5. Пліта масай $m = 120$ кг была раўнамерна паднята з дапамогай пад'ёмнага механізма на вышыню $h = 16$ м за прамежак часу $t = 30$ с. Лічачы ККДз $\eta = 80\%$, вызначыце выкананую работу і развіваемую магутнасць.

6. Вызначыце карысную работу па пад'ёме паддона цэглы кранам з магутнасцю рухавіка $P = 4,0$ кВт за час $t = 10$ с. ККДз крана $\eta = 75\%$.

7. Пры пад'ёме з пастаяннай скорасцю $v = 0,40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ вядра цэменту масай $m = 40$ кг з дапамогай рухомага блока на вышыню $h = 12$ м модуль прыкладаемай сілы быў роўны $F = 250$ Н. Вызначыце ККДз і развіваемую магутнасць. Як змянілася б магутнасць, калі б пры пад'ёме скорасць руху вядра павялічылася?

8. Для пад'ёму сейфа масай $m = 220$ кг у кузаў грузавога аўтамабіля на вышыню $h = 1,5$ м выкарыстоўваюць дошку даўжынёй $l = 3,0$ м. Сейф перамяшчаюць раўнамерна, прыкладаючы паралельна плоскасці дошкі сілу, модуль якой $F = 1,5$ кН. Зрабіце схематычны малюнак да ўмовы задачы. Вызначыце ККДз гэтага простага механізма.



Мал. 197